



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Rotura del ligamento cruzado craneal en pequeños animales y resolución
quirúrgica

Cranial cruciate ligament rupture in small animals and surgical resolution

Autor/es

Miguel Calvo Ruiz

Director/es

Fidel San Román Llorens

Facultad de Veterinaria

2018

ÍNDICE

1.	RESUMEN / ABSTRACT	3
2.	INTRODUCCIÓN	4
3.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	5
4.	METODOLOGÍA	5
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	6
	5.1. Anatomía del ligamento cruzado anterior	6
	5.1.1. Vascularización.....	7
	5.1.2. Inervación.....	7
	5.2. Biomecánica del ligamento cruzado anterior	9
	5.3. Patogénesis de la ruptura del ligamento cruzado anterior	9
	5.4. Diagnóstico	10
	5.4.1. Historia clínica	10
	5.4.2. Palpación y valoración dinámica	11
	5.4.3. Test de manipulación articular.....	11
	5.4.4. Radiografía articular.....	12
	5.4.5. Otras técnicas diagnósticas	14
	5.5. Tratamiento	15
	5.5.1. Técnicas intracapsulares.....	15
	5.5.1.1. Técnica de Paatsama.	16
	5.5.1.2. Técnica over the top.	17
	5.5.1.3. Técnica under and over	18
	5.5.2. Técnicas extracapsulares.....	19
	5.5.2.1. Técnica de imbricación del retináculo	20
	5.5.2.2. Técnica de Flo	20
	5.5.2.3. Transposición de la cabeza del peroné	21
	5.5.3. Osteotomías y ostectomías tibiales.....	22
	5.5.3.1. Closing tibial wedge ostectomy (CTW0)	23
	5.5.3.2. Tibial plateau leveling osteotomy (TPLO)....	25
	5.5.3.3. Tibial tuberosity advancement (TTA)	27
6.	CONCLUSIONES	29
7.	VALORACIÓN PERSONAL	30
8.	BIBLIOGRAFÍA	31

1. RESUMEN

Rotura del ligamento cruzado craneal en pequeños animales y resolución quirúrgica.

La rotura del ligamento cruzado craneal (LCCr), es una de las principales causas de cojera del miembro posterior en la especie canina. Su ruptura produce inestabilidad articular a corto plazo y daño meniscal y aparición de osteoartritis a medio y largo plazo. A pesar de las distintas teorías barajadas hasta ahora, no se ha llegado a entender aún la patogénesis de esta enfermedad.

El diagnóstico de la ruptura del LCCr debe realizarse ante su sospecha, tras ver al paciente y tras realizar la anamnesis completa. Se debe de comprobar el adelantamiento tibial como signo positivo ante los test de manipulación articular. A continuación, se deben realizar distintas proyecciones radiográficas para valorar ambos miembros.

Durante la última mitad del siglo pasado hasta la actualidad, se han descrito numerosas técnicas para la resolución quirúrgica de la patología. Estas técnicas se pueden clasificar en tres grupos, siendo el grupo más importante en la actualidad el de osteotomías y ostectomías tibiales.

La elección de la cirugía más adecuada depende de las características y riesgos que presente el paciente, del coste económico y de la opinión y experiencia del cirujano.

1. ABSTRACT

Cranial cruciate ligament rupture in small animals and surgical resolution.

Cranial cruciate ligament (CrCL) deficiency, is one of the main causes of lameness of the hind limb in the canine specie. Its rupture causes articular instability in the short term and meniscal damage and osteoarthritis in the medium and long term. Despite the different theories discussed so far, the pathogenesis of this disease has not been understood yet.

The CrCL rupture diagnosis must be made in case of suspicion, after exploring the patient and taking the complete anamnesis. The cranial tibial thrust must be checked as positive sign of the articular manipulation test. then, several radiographic projections must be made to assess both members.

During the last half of the past century until now, numerous techniques for the surgical resolution of the pathology have been described. All these techniques can be classified into three groups, being the tibial osteotomies and ostectomies the most important group nowadays.

The election of the most appropriate surgery depends on the characteristics and risk of the patient, the economic cost and the opinion and experience of the surgeon.

2. INTRODUCCIÓN

La rotura parcial o total del ligamento cruzado craneal en el perro, es la primera causa de cojera en el miembro posterior y una de las principales patologías a las que se enfrentan los veterinarios en su día a día en el campo de la traumatología veterinaria (Hayashi *et al.* 2004, Witsberger *et al.* 2008). Llevando el tema a cifras monetarias, en 2003 sólo en Estados Unidos esta patología reportó unos ingresos al conjunto de clínicas y hospitales de 1.230 millones de dólares (Wilke *et al.* 2005).

El ligamento cruzado craneal es una estructura anatómica importante en la estabilización de la rodilla, tanto en la rotación interna como en la externa, así como en el desplazamiento craneal de la tibia respecto al fémur (Miller *et al.* 1979, Slocum & Devine. 1984), por lo que cualquier deficiencia en este ligamento, resultará en inestabilidad articular reflejada en forma de cojera aguda y persistente y un posterior desarrollo de osteoartritis secundaria en los casos en los que no se realice un tratamiento temprano (Vasseur. 1984)).

Esta condición es particularmente común en razas grandes y gigantes de perros, como el labrador retriever, rottweiler y san bernardo; sin embargo, cualquier raza puede verse afectada (Innes *et al.* 2000). Son varios los factores que influyen en la rotura de este ligamento y a pesar de la gran cantidad de investigaciones realizadas en las últimas décadas, aún no hay una respuesta clara y unánime por parte de los expertos a cuál es la causa primaria (Hayashi *et al.* 2004).

La primera descripción de la ruptura de este ligamento en el perro fue en el año 1926 (Carlin. 1926), desde entonces pasaron más de 25 años hasta que se publicó el primer estudio en el que se describe la primera cirugía en perros por Saki Paatsama en 1952, a partir de esta primera resolución y hasta la actualidad, se han descrito una gran cantidad de técnicas quirúrgicas que intentan otorgarle de nuevo la estabilidad inicial a la articulación.

Hay tres grupos en los que englobar estas técnicas; las técnicas intracapsulares, diseñadas para restituir el ligamento y con ello restablecer la estabilidad de la rodilla de manera similar a la anatómica. La técnica pionera fue la descrita por Saki Paatsama en 1952 (Carrillo *et al.* 2003). Las técnicas extracapsulares, que por medio de suturas exteriores a la articulación o mediante la redirección del ligamento colateral lateral, consiguen devolver la estabilidad articular y anular el desplazamiento tibial craneal (Arnoczky & Marshall. 1977, Isaka *et al.* 2014, Slocum & Slocum. 1993). Y las osteotomías y ostectomías correctoras, descrita la primera de ellas por Slocum en 1984 (Slocum & Devine. 1984), que gracias a la reducción del ángulo de la meseta tibial o el adelantamiento de la tuberosidad tibial consigue la estabilización de la rodilla debido a la compensación que se produce de las fuerzas que inciden sobre la meseta tibial (Carrillo *et al.* 2003).

A pesar de todas las técnicas descritas y sus posteriores modificaciones, ninguna de ellas ofrece una reparación ideal (Bellumori *et al.* 2013, J. A. Johnson *et al.* 1994, Krotscheck *et al.* 2016).

3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La realización de este trabajo de fin de grado sobre la rotura del ligamento cruzado craneal en pequeños animales y su resolución quirúrgica, se debe a la gran cantidad de casos que se reportan sobre esta patología en el día a día de las clínicas veterinarias en comparación con otras patologías de origen articular. Además, de las diferentes técnicas escogidas según el criterio de cada cirujano en perros de condiciones morfológicas y raciales similares.

El objetivo es comprender mejor la rotura del ligamento cruzado craneal en pequeños animales, las causas por las que se produce y los métodos de resolución posibles. De este modo durante el ejercicio profesional, gracias al conocimiento de cada técnica, de sus ventajas y desventajas, el cirujano será capaz de escoger la mejor opción quirúrgica en función de las características específicas que presente cada paciente.

4. METODOLOGÍA

Esta revisión bibliográfica se realiza con el fin de abarcar los aspectos más importantes a cerca de la patología del ligamento cruzado craneal en pequeños animales, sobre todo en el caso de los perros. Las fuentes consultadas son libros especializados relacionados con el tema y artículos científicos publicados durante el último siglo. El artículo más antiguo data de 1926 y hace referencia a las primeras descripciones de la patología y los artículos más recientes tratan las últimas novedades acerca de los tratamientos más innovadores.

Tanto los artículos como los libros seleccionados se han obtenido de bibliotecas (Biblioteca facultad de veterinaria, Universidad de Zaragoza), bases de datos especializadas (Pubmed, Scholar google, Web of Science) y revistas científicas (Canis et Felis, Argos, West coast veterinarian, Consulta etc.), con el fin de que la información que se extraiga de ellos sea relevante, veraz y original. Todas las citas extraídas de los diferentes autores, tanto las que se han plasmado textualmente en el trabajo, como las que se realizan a partir del compendio de información que recogen varios autores sobre el mismo tema, han sido referencias mediante el estilo de citación "*Actas universitatis ouluensis*" a través del gestor de bibliografía y referencias RefWorks.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Anatomía del ligamento cruzado anterior

La rodilla es una articulación sinovial compleja compuesta por las articulaciones femororrotuliana, femorotibial y tibioperonea proximal (Adams. 2003), La unión de la articulación femorotibial se da entre los cóndilos medial y lateral del fémur y los cóndilos medial y lateral de la tibia, en esta articulación intervienen los ligamentos femorotibiales; que son los ligamentos colaterales y los ligamentos cruzados (Miller *et al.* 1979).

El espacio intercondíleo femoral distal se forma debido a la incongruencia que se da entre los cóndilos femorales y los tibiales y se encuentra casi lleno en su totalidad por grasa y los ligamentos cruzados; el ligamento cruzado craneal (LCCr) y el ligamento cruzado caudal (LCCd), ambos insertados en el área intercondílea de la tibia (figura 1) (Miller *et al.* 1979). Aunque la longitud de ambos ligamentos cruzados es casi la misma, siendo el LCCd un poco más largo y ancho (Arnoczky. 1983), su inserción distal en la tibia está separada por casi el doble de la distancia con respecto a su inserción femoral (Badoux. 1984).

El ligamento cruzado craneal se origina en el aspecto caudo-lateral de la fosa intercondílea del fémur y cruza diagonalmente el espacio articular para insertarse en el área intercondílea craneal de la tibia (Heffron & Campbell. 1978). A su vez está compuesto por dos partes, una banda espiral en posición craneomedial y una banda más corta y recta que se encuentra en posición caudolateral (figura 1). La banda espiral parte de una zona más proximal de la fosa intercondílea del fémur y se inserta en una zona más craneal del área craneal intercondílea de la tibia. (Heffron & Campbell. 1978). Las fibras de la banda caudolateral parten del punto más lateral y distal de la zona de inserción del ligamento en el cóndilo lateral del fémur y realiza un camino más recto hasta su inserción en la zona más caudal del área de inserción en la tibia (Arnoczky & Marshall. 1977, Heffron & Campbell. 1978)

La medida del LCCr está directamente relacionada con el peso del animal. Realizando la medición desde su inserción craneal hasta su inserción caudal, los valores medios en razas medianas (animales comprendidos entre 15 y 30 kg) oscila entre los 13.5 - 13.8mm (Comerford *et al.* 2005, Vasseur *et al.* 1985, Wingfield *et al.* 2000).

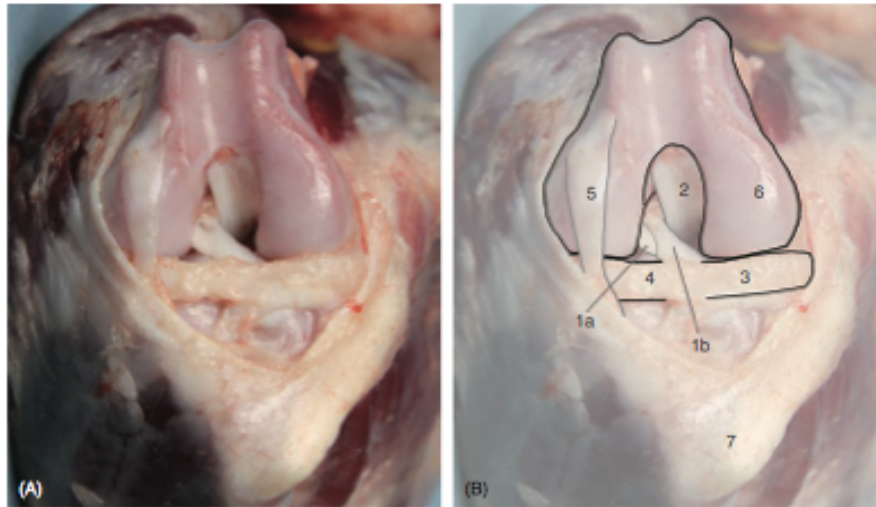


Figura 1. Vista craneal de rodilla de perro derecha flexionada tras extirpación de tendón rotuliano, rótula y grasa infrapatelar. (A) Fotografía, (B) fotografía delineada. En la foto B: (1a) banda caudolateral del LCCr, (1b) banda craneomedial del LCCr, (2) ligamento cruzado caudal, (3) menisco medial, (4) menisco lateral, (5) tendón del extensor digital largo, (6) cóndilo femoral medial, (7) tuberosidad tibial (Muir. 2018).

5.1.1 Vascularización

La mayor parte de la suplementación vascular que recibe el centro de la rodilla llega a través de ramas provenientes de la arteria genicular media (Arnoczky *et al.* 1979), que a su vez deriva de la arteria poplítea, penetra a través de la cápsula caudal de la articulación y se dirige hacia la fosa intercondílea en dirección craneodistal, pasando cranealmente entre ambos ligamentos cruzados (figura 2) (Tirgari. 1978). A pesar de esta vascularización, el grueso de la sangre que reciben los ligamentos cruzados no se distribuye a través de esa vía, sino por una serie de vasos que parten de la grasa infrapatelar y de la membrana sinovial que recubre íntimamente toda la superficie de ambos ligamentos (Arnoczky, Rubin *et al.* 1979, Kobayashi *et al.* 2006). Kobayashi separa estos vasos en dos grupos, los vasos “paraligamentosos” que infiltran la membrana sinovial y cubren al LCCr difundiendo a través de su capa más superficial, y los vasos “endoligamentosos”, que son la minoría, pero que infiltran a través del epitenon y se distribuyen entre los fascículos (Kobayashi *et al.* 2006).

5.1.2 Inervación

Tres nervios articulares parten desde el nervio safeno, nervio tibial y nervio peroneo común para inervar el tejido periarticular de la rodilla canina (figura 3) (O'Connor & Woodbury. 1982). El nervio articular medio, que es una rama que parte de la región media del nervio safeno, es el que proporciona la mayor inervación a la articulación de la rodilla en la especie canina (de Rooster *et al.* 2006). Algunas de sus ramas pasan a través de la grasa infrapatelar para terminar uniéndose a las

partes proximales y distales de ambos ligamentos cruzados o a los cuernos de los meniscos. Otras ramas del nervio medio articular discurren cranealmente a través de la cápsula articular para proporcionar una extensa inervación a la inserción femoral del LCCr (O'Connor & Woodbury. 1982).

La mayor parte de los nervios, de tamaños distintos, se localizan en las zonas en las que el tejido sinovial de recubrimiento de los ligamentos cruzados posee mejor vascularización. Desde esta sinovia periférica, los axones profundizan hacia el centro de los ligamentos (Yahia *et al.* 1992). Dentro de los ligamentos cruzados, la mayoría de los nervios se distribuyen paralelamente a los vasos sanguíneos epiligamentosos y endoligamentos a través de las zonas interfasciculares (Muir. 2018).



Figura 2. vista caudal de los vasos mayores vasculares de suplementación de la rodilla canina (de Rooster *et al.* 2006).

1. Arteria femoral
2. Arteria poplítea
3. Arteria genicular descendente
4. Arteria genicular proximal medial
5. Arteria genicular media
6. Arteria tibial craneal
7. Arteria tibial caudal

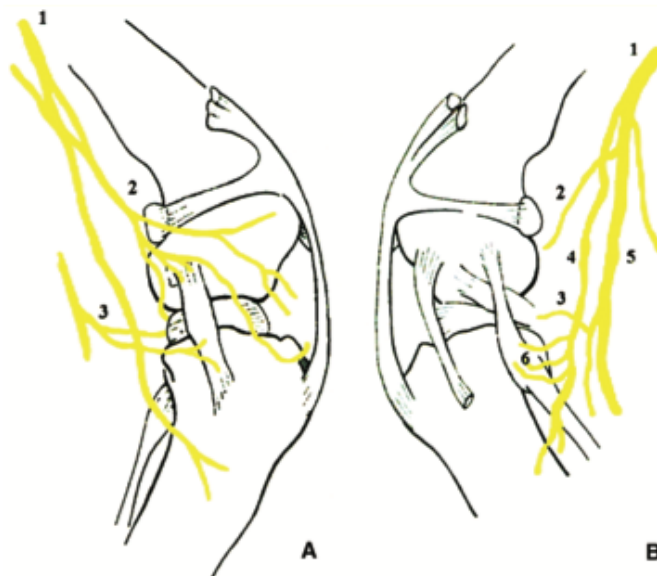


Figura 3. Inervación principal de la rodilla canina.

(A) Vista medial, (B) Vista lateral, (1) nervio safeno, (2) nervio articular medial, (3) nervio articular posterior (4) nervio peroneo común, (5) nervio tibial, (6) nervio articular lateral (de Rooster *et al.* 2006).

5.2 Biomecánica

La función del LCCr es la de limitar el adelantamiento craneal de la tibia respecto al fémur, como también la rotación interna de la tibia (Arnoczky & Marshall. 1977). El LCCr es la principal estructura de la estabilización de la articulación de la rodilla y su ruptura tiene como consecuencia una cojera de leve a severa que dependerá de la extensión del daño producido en el ligamento (Slocum & Slocum. 1993).

Funcionalmente las dos bandas del LCCr son distintas, ya que la banda caudolateral permanece tensa durante la extensión, pero laxa durante la flexión de la articulación, y la banda craneomedial se encuentra tensa durante la flexión y la extensión (Carpenter & Cooper. 2000, Heffron & Campbell. 1978). Siendo así mucho más importante la banda craneomedial, ya que interviene en la estabilización de la rodilla durante todas las fases de la locomoción, a diferencia de la banda caudolateral que sólo interviene durante la extensión o en el caso de que se produzca un daño en la otra banda.

5.3 Patogénesis del ligamento cruzado craneal

La patogénesis de la rotura del LCCr no se encuentra fácilmente explicada por un teoría o causa aislada; De hecho, son varios los factores que deben de confluir en la mayoría de los casos para que se de la rotura del ligamento cruzado craneal y el consecuente desarrollo de degeneración articular (J. M. Johnson & Johnson. 1993). Para que se de la rotura de un LCCr obviamente se tiene que exceder la fuerza de rotura del ligamento, en el caso de los perros esta fuerza es aproximadamente igual a cuatro veces el peso corporal del animal, en un ligamento sano (Gupta *et al.* 1969).

La rotura aguda en los casos en los que el ligamento se encuentra en buen estado ocurre en muy raras ocasiones (Paatsama. 1952). La rotura traumática se da aproximadamente en el 20% de los casos y se atribuye a una repentina fuerza de hiperextensión y excesiva rotación interna de la rodilla (Arnoczky. 1980, Moore & Read. 1996), y es más común en pacientes juveniles (Hayashi *et al.* 2004). Sin embargo, a pesar de las fuerzas necesarias explicadas anteriormente, la etiología más común para la disfunción del LCCr está asociada a una cojera crónica progresiva consistente con un proceso degenerativo no traumático, que cursa con degeneración gradual del LCCr, inflamación de la articulación de la rodilla, produciendo en una primera fase una ruptura parcial del LCCr, y finalmente, ruptura completa éste (de Rooster *et al.* 2006). Esta degeneración progresiva del LCCr ha sido asociada a una gran variedad de factores: genéticos, conformacionales, medioambientales, inmunomediados e inflamatorios (Griffon. 2010).

Los cambios son más graves en perros con un peso superior a 15 kg. Se da una masiva pérdida de fibroblastos, mientras en los fibroblastos que no se han perdido comienza un proceso de cambios metaplásicos para convertirse en condrocitos. La organización estructural de las fibras de colágeno y de los haces primarios de colágeno se pierden. Los cambios degenerativos progresan en severidad con la edad del animal. En perros con pesos menores a 15 kg, son normalmente menos severos y ocurren a edades más tardías (Johnson & Johnson. 1993).

La ruptura unilateral del LCCr normalmente conduce a la rotura del ligamento contralateral, esto suele ocurrir hasta en el 50% de los casos. Esto está en cierta medida relacionado con la degeneración de ambos ligamentos sumado al estrés extra que recibe el ligamento contralateral debido a que el animal es incapaz de repartir el peso entre ambas rodillas tras la rotura del primer ligamento (Griffon. 2010)

5.4 DIAGNÓSTICO

5.4.1 Historia clínica

La clínica con la que llegan los pacientes con lesión del LCCr puede ser muy variada, ya que la ruptura del ligamento puede ser parcial o total. El comienzo de la cojera puede variar según el tipo de ruptura que presente el paciente, puede darse una cojera muy aguda sin apoyo del miembro afectado, comúnmente tras un trauma o una lesión durante la realización de ejercicio (Palmer. 2005), aunque en realidad este tipo de ruptura es muy poco frecuente, representando un bajo porcentaje de casos (Muir. 2018).

El paciente tipo que se presenta en la consulta, suele llegar con cojera unilateral, sin pérdida completa de apoyo durante la locomoción y rotación externa del miembro afectado. Cuando estos perros se sientan, normalmente adquieren una posición característica en la que el miembro presenta rotación externa y el rango de flexión de la rodilla se encuentra reducido, comparado con un perro sentado en condiciones normales (Muir. 2018). Estos animales con descanso, tiempo y medicación a base de antiinflamatorios no esteroideos (AINES), mejoran sustancialmente, pudiendo llegar a la recuperación de la función normal del miembro. Pero esta recuperación es ficticia, ya que a las semanas o los meses se presentan de nuevo con una cojera más marcada y persistente. En muchos casos, se termina dando una rotura total del LCCr o desarrollan una afectación de los meniscos secundaria a la inestabilidad articular que existe (Palmer. 2005).

5.4.2 Palpación y valoración dinámica

Después de la realización de la anamnesis y la observación del paciente es fundamental realizar la palpación de ambas rodillas. Ésta se debe realizar con el paciente en estación y se deben palpar ambos miembros al mismo tiempo, con la finalidad de identificar la existencia de atrofia muscular, dolor, inflamación o pérdida de simetría anatómica (Paatsama. 1952). Normalmente los perros con deficiencia crónica del LCCr suelen presentar atrofia muscular del cuádriceps y engrosamiento de la cápsula articular en el aspecto medial de la articulación, detectable a la palpación (Johnson & Johnson. 1993). Durante la manipulación del miembro afectado debemos de realizar la movilización completa de la rodilla en todo su rango de movimiento, con el fin de detectar dolor y crepitación, sobre todo al realizar cierta rotación interna durante la flexión del miembro, esto es un indicativo de la posible presencia de lesión meniscal medial (Arnoczky. 1980).

5.4.3 Test de manipulación articular

Con el fin de tener un diagnóstico más certero ante la sospecha de cojera por una deficiencia del LCCr, podemos realizar dos test de manipulación articular que pondrán en evidencia la inestabilidad articular producida por la ruptura de este ligamento. El primer test es el de cajón anterior. Si se da el signo de cajón anterior es diagnóstico de rotura de LCCr, pero si no se da no se puede descartar su afección (Pearson. 1971).

El test se realiza con la rodilla sostenida en ligera flexión (Dueland. 1966), la rodilla se sujeta cogiendo la parte distal del fémur firmemente con una mano. El dedo índice de esa misma mano se sitúa encima de la rótula y el dedo pulgar detrás de la fabela lateral, mientras, la otra mano se posiciona con el dedo índice en la tuberosidad tibial y el pulgar detrás del peroné. El ángulo de flexión-extensión y el ángulo de rotación no debe ser alterado durante la manipulación. Mientras una mano sostiene el fémur sin que éste pueda moverse, la otra mano hace que se deslice la tibia sobre la superficie de articulación con el fémur (figura 4) (Paatsama. 1953). En el caso en el que se de desplazamiento craneal de la tibia al realizar el movimiento explicado, es un signo positivo de cajón craneal que indica la ruptura del LCCr (Arnoczky. 1980, Dueland. 1966).

En perros jóvenes siempre existirá más laxitud en la rodilla que en perros adultos, por lo que es conveniente realizar el test en las articulaciones de ambos lados y realizar una comparación entre ellas, presentando el miembro afectado un mayor grado de laxitud (Bennett *et al.* 1988).

El segundo test que se puede realizar, es el test de compresión tibial. Este test se realiza colocando el dedo índice de una mano sobre la cresta tibial mientras que el pulgar y el resto de dedos se colocan agarrando la parte distal del fémur. El dedo índice es utilizado para aplicar presión

sobre la cresta tibial en dirección caudal, mientras la mano contraria sujeta el tarso de ese mismo miembro y realiza movimientos de extensión y flexión de la articulación tibiotarsiana (figura 4) (Johnson & Johnson. 1993). Si existe ruptura del LCCr, la contracción del músculo gastrocnemio provocada por el movimiento de la articulación tibiotarsiana iniciará el mecanismo de compresión tibial que permitirá a la tibia avanzar cranealmente en relación con el fémur (Johnson & Johnson. 1993).

El test de compresión tibial nos es de gran utilidad cuando el test de cajón tibial no es concluyente o no es posible su correcta realización debido al tamaño del paciente. Este test es más fácil de realizar en razas grandes y gigantes de perros, en las que el miembro puede ser demasiado grande para permitir la colocación óptima de las manos del examinador en el test del cajón anterior. Estas técnicas y sobre todo el test de compresión tibial, es recomendable realizarlo bajo sedación profunda (Henderson & Milton. 1978).

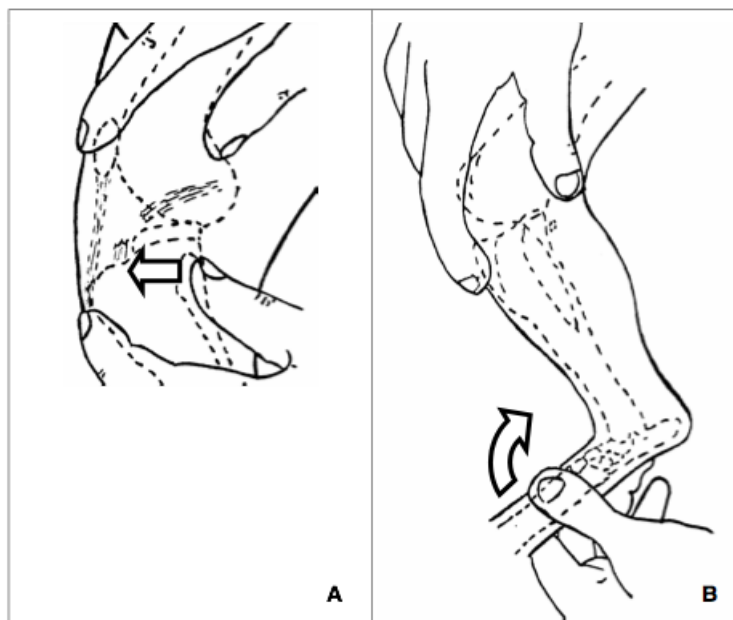


Figura 4. Test de manipulación articular manual para comprobación de inestabilidad de la articulación de la rodilla por deficiencia en el ligamento cruzado craneal. A. Test de cajón craneal, B. Test de compresión tibial (de Rooster. 2001).

5.4.4 Radiografía articular

La radiografía tanto lateral como craneocaudal de la rodilla son de ayuda en el diagnóstico de la rotura del LCCr, y descartan otras anomalías tanto óseas como de tejido blando. Las radiografías también son usadas para documentar el grado de degeneración articular y proporcionan información básica para la realización del tratamiento (Dueland. 1966).

Los primeros signos indirectos que se pueden apreciar en radiografía cuando existe ruptura del LCCr se aprecian en el tejido blando: Es posible la clara visualización del tejido graso infrapatelar y la cápsula articular caudal se encuentra distendida. (Bennett *et al.* 1988, Johnson & Johnson. 1993). Además de un engrosamiento de la sombra capsular, producida por el aumento de la cantidad de líquido articular, también comienzan a hacerse visibles los cambios osteoartrósicos (Bogaerts *et al.* 2018). Los perros de gran tamaño presentan signos más evidentes de degeneración articular (Vasseur. 1984), Tirgari en estudios experimentales realizados seccionando el LCCr demuestra que los primeros signos de artrosis son visibles macroscópicamente a partir de las 4 semanas post ruptura (Tirgari. 1978). Los primeros cambios que se aprecian son un afilado de los bordes distal y proximal de la rótula, seguidos de una proliferación irregular de hueso en estos puntos y la proliferación de osteofitos a lo largo de los bordes del canal troclear. Tras estos primero cambios, se podrá apreciar formación de osteofitos en ambos sesamoideos y esclerosis en la meseta tibial y el la superficie articular de los cóndilos femorales con ésta. Otro signo característico es la entensofitosis del propio ligmaneto (figura 5), (Vasseur & Berry. 1992).



Figura 5. Localización de cambios osteoartrósicos en la rodilla canina con deficiencia de ligamento cruzado craneal (de Rooster. 2001).

1. Proliferación ósea en ambos polos de la rótula
2. Formación de osteofitos en los sesamoideos
3. Esclerosis del surco troclear
4. Esclerosis de la meseta tibial

En la proyección lateral además se pueden observar signos directos de rotura de LCCr. En algunos casos, se puede apreciar un cierto grado de desplazamiento tibial respecto a los cóndilos femorales (Pond & Campbell. 1972), aunque este desplazamiento puede variar según el posicionamiento que se realice del miembro a la hora de tomar la radiografía, además en razas pequeñas con gran prominencia de la tuberosidad tibial, puede dar una falsa impresión, pareciendo que el fémur articula en una posición más caudal a la normal (Singleton. 1957).

Es por ello que para poder apreciar la posición que ocupa la tibia respecto al fémur cuando hay una rotura de LCCr, se debe de realizar un radiografía en compresión tibial. Para la correcta realización de las radiografías, hay que tomar una primera vista con el animal en recumbencia lateral y posicionar la rodilla en un ángulo de flexión de 90º (posición neutral). La segunda radiografía se toma manteniendo el mismo ángulo de flexión de la rodilla, pero se modifica el ángulo de la articulación tibio tarsal, la cual se debe flexionar con la mano lo máximo posible (posición de compresión tibial) (de Rooster *et al.* 1998). Si existe rotura del LCCr, se observará un adelantamiento de la tibia respecto al fémur en la posición de compresión tibial en comparación con la posición neutral (figura 6) (Muir. 2018).

En un estudio en el que se realizan radiografías en estrés por compresión tibial, determina la subluxación tibial evaluando las posiciones que adquieren el cóndilo femoral caudal con respecto a la meseta tibial. Este método reflejó que poseía una sensibilidad de un 97% y 100% de especificidad en la detección de ruptura del LCCr (de Rooster *et al.* 1998).

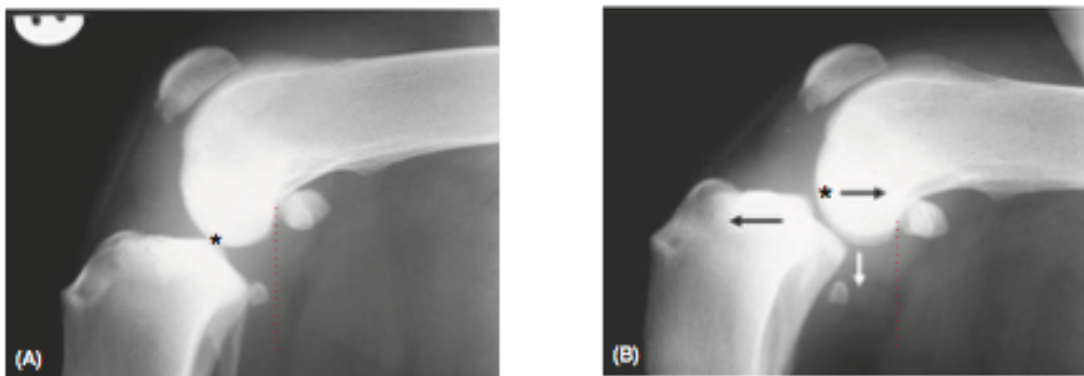


figura 6. Posición neutral (A) y posición de compresión tibial (B) en vista lateral de una rodilla con rotura de LCCr. Posición distal del sesamoideo poplíteo (flecha blanca). Posición de la eminencia intercondílea (*) (Muir. 2018).

5.4.5 Otras técnicas diagnósticas

La correcta realización e interpretación de las técnicas explicadas anteriormente se obtiene un diagnóstico rápido y fiable de la rotura del LCCr. No obstante, en pacientes en los que no se llega a un diagnóstico claro, se deben de realizar otro tipo de técnicas diagnósticas más avanzadas como la artroscopia. Es una técnica que aporta grandes ventajas en el diagnóstico por su mínima invasión, alta especificidad de los hallazgos que se realizan y la posibilidad de visualización de todos los cambios articulares sin la necesidad de realizar una artrotomía, que es una técnica mucho más invasiva (Nečas *et al.* 2002). Otras técnicas de imagen que se pueden realizar para el diagnóstico de esta patología y sobre todo de sus posibles complicaciones secundarias como el daño meniscal, son la Resonancia magnética nuclear (RMN) o la tomografía axial computerizada (TAC).

5.5 Tratamiento

El tratamiento de la rotura del ligamento cruzado craneal es quirúrgico en la gran mayoría de los casos, exceptuando aquellos en los que la cirugía no se puede llevar a cabo por imposibilidad de realizar una anestesia segura en el paciente. En este tipo de pacientes se pueden utilizar ortoprótesis para la estabilización articular de la rodilla, aunque éstas no son tan efectivas como la realización de una cirugía, sobre todo en perros con pesos superiores a 15 kg (Wucherer *et al.* 2013).

En la bibliografía se pueden encontrar gran cantidad de técnicas descritas para el tratamiento de la ruptura del LCCr, además de infinidad de modificaciones de cada técnica. Esto es debido a que ninguna de ellas ofrece una reparación ideal (Bellumori *et al.* 2013, Johnson *et al.* 1994, Krotscheck *et al.* 2016). Podemos agrupar las distintas técnicas quirúrgicas en tres grupos: las técnicas intracapsulares, las extracapsulares y las osteotomías tibiales.

5.5.1 Técnicas intracapsulares

Las técnicas intracapsulares fueron diseñadas para restablecer el Ligamento cruzado anterior y con ello conseguir una estabilización de la rodilla de la forma más similar a la anatómica. La técnica pionera fue la descrita por Saki Paatsama en 1952. Tras ésta, se describieron varias, aunque las más populares fueron; over-the-top descrita por Arnoczky *et al.* en 1979, y under-and-over descrita por Shires *et al.* en 1984. (Carrillo *et al.* 2003). Estas técnicas se utilizaron durante unas décadas hasta los años 80 y 90, cuando se empezaron a describir las técnicas extracapsulares y las osteotomías correctoras, fueron desplazando a las técnicas intracapsulares (Muir. 2018).

Dentro de este grupo de técnicas quirúrgicas se pueden encontrar tres tipos de implantes distintos para la sustitución del ligamento: auto injertos, implantes a partir de fascia lata o tendones del propio animal. Estas técnicas fueron descritas por primera vez en medicina humana por Hey Groves en 1917 (Davarinos *et al.* 2014). Una modificación de esta técnica permitió la reparación de la rotura del ligamento cruzado anterior de forma intracapsular por primera vez en perros, y fue descrita por Paatsama en 1952 (Muir. 2018), la técnica original sufrió varias modificaciones a lo largo de los años como las que realizaron Singleton en 1957, Titemeyer y Brinker en 1958 y Rudi en 1974 (D. A. Hulse *et al.* 1980). Aloinjertos, realizados a partir de tendones o ligamentos de cadáveres donantes, este tipo de injertos tiene la ventaja de que se pueden utilizar tendones y ligamentos completos en vez de parte de ellos como se hace en los autoinjertos, aunque presentan la desventaja de poder producir reacciones inflamatorias inmunomediadas. Con el tratamiento del injerto mediante diferentes métodos como por ejemplo la congelación de los tendones, se ha demostrado que este tipo de reacciones se reducen sustancialmente (Muir. 2018). Finalmente el

último tipo de injertos son los protésicos a partir de distintos tipos de materiales como teflón, Dacrón, Gore-tex o polietileno con los que se han realizado diferentes estudios utilizando estos materiales con diferentes técnicas (Liu *et al.* 2008, Park *et al.* 1985, Singleton. 1969, Stead *et al.* 1991). En principio, estos materiales presentan ventajas sobre los alotrasplantes como la elección de la resistencia del material y se evita la posible transmisión de enfermedades que existe al utilizar tejido de un donante. En los estudios realizados, con los materiales anteriormente citados, se mencionan prometedores resultados a corto plazo, ya que la integridad y propiedades de los materiales siguen intactas, pero a largo plazo en todos ellos se pierde fuerza mecánica antes de que el organismo pueda producir un tejido fibroso de sustitución.

Si se consiguiera un material que promoviera la rápida formación de tejido de sustitución del propio animal, mientras mantuviera sus propiedades mecánicas iniciales y limitará al máximo las reacciones inflamatorias, entonces las sustituciones protésicas del LCCr serían la técnica de elección para la resolución de esta patología (Muir. 2018).

5.5.1.1 Técnica de Paatsama

Esta técnica quirúrgica fue descrita en 1952 por Saki Paatsama en la presentación de su tesis doctoral en Helsinki. Él mismo denominó a su técnica como “Operación plástica en el ligamento cruzado usando un trasplante de fascia”. La operación comienza con un abordaje parapatelar. El autotrasplante se realiza a partir de una tira de 1cm de ancho aproximadamente extraída de la fascia lata. Se comienza a extraer la tira desde el extremo proximal de la fascia que se encuentra en la tibia, prosiguiendo paralelamente al músculo bíceps femoral, teniendo que quedar la parte distal de la fascia adherida a su lugar anatómico (figura 7,a). La longitud de la tira será igual a la longitud de la incisión realizada, que debe de ser el doble de la distancia que existe entre la cresta tibial y la rótula (Paatsama. 1952).

Una vez diseccionada la cantidad de fascia lata necesaria, se realiza una perforación en el fémur, desde la inserción femoral del ligamento colateral lateral, a través del cóndilo, hasta la inserción femoral del LCCr. Se realiza otra perforación desde el borde medial de la cresta tibial que se dirigirá de manera oblicua y proximal hasta la inserción tibial del LCCr (Paatsama. 1952).

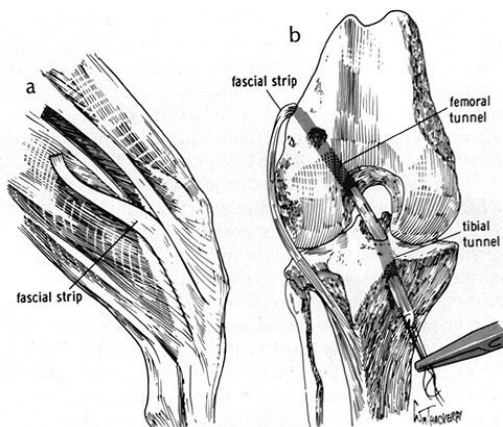


Figura 7. Técnica de paatsama. (a) Disección de tira de fascia lata, (b) tira de fascia ya insertada a través de los túneles realizados en el fémur y la tibia (Newton & Nunamaker. 1985).

Una vez realizados los pasos anteriores, se introduce la tira de fascia a través del agujero realizado en la zona lateral del fémur para extraerlo por la inserción del LCCr en este hueso, desde ahí se introduce en el otro agujero, por la zona de inserción del LCCr en la tibia, de manera que la tira de fascia ocupe en el espacio articular la posición que correspondía al LCCr, sacándolo finalmente por el agujero realizado anteriormente en la zona medial de la cresta tibial (figura 7,b). En este momento se debe de flexionar la articulación de la rodilla y tirar de la fascia para que quede lo más tensa posible y eliminar así la subluxación tibial. Una vez que la fascia se encuentra en la posición deseada y con la tensión adecuada, se procede a suturar ésta a la inserción del ligamento rotuliano en la tuberosidad tibial (Paatsama. 1952).

5.5.1.2 Técnica over the top

Esta técnica fue desarrollada por Steven Arnoczky en 1979. Se comienza disecando el tercio medial del ligamento rotuliano mediante la incisión del ligamento y la realización de una osteotomía del aspecto anteromedial de la rótula, la incisión en su zona proximal coge parte de la fascia lata (figura 8 a y b). Se libera el injerto mediante una incisión paralela (figura 8 c), se desplaza la parte sobrante de tendón rotuliano hacia lateral y se realiza a continuación una pequeña incisión entre la fabela lateral y el fémur. Con la articulación en hiperflexión, se pasa un fórceps hemostático curvo por detrás del cóndilo lateral del fémur y a través del agujero intercondileo, se coge el extremo del trozo del ligamento previamente preparado y se pasa suavemente a través del agujero intercondileo, hasta salir caudalmente a éste y rodear proximalmente el cóndilo lateral del fémur (figura 8 d). Se tensa el injerto hasta que desaparezca la inestabilidad articular y se fija el injerto al cóndilo lateral del fémur mediante un cerclaje de acero inoxidable (figura 8 e) (Arnoczky, Tarvin *et al.* 1979).

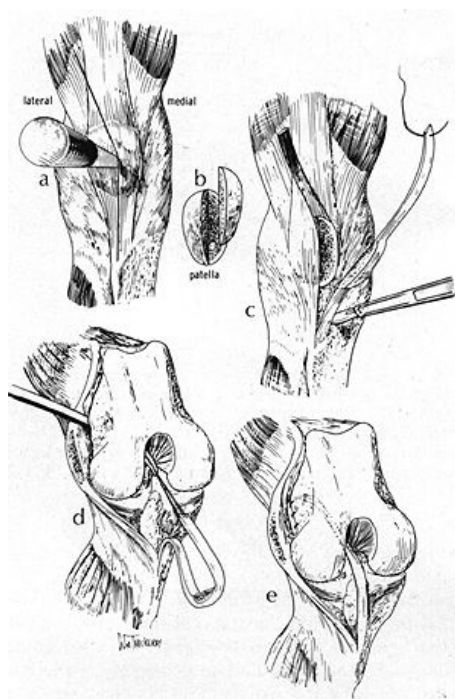


Figura 8. Técnica over the top.

(a) Aislamiento del tercio medial del ligamento rotuliano y extensión de la proximal de la incisión en la fascia lata. (b) Detalle del fragmento de rótula que debe quedar unido a la porción del ligamento rotuliano. (c) El injerto de ligamento es liberado en su parte proximal, nótese la unión distal a la tuberosidad tibial. (d) Paso de la pinza hemostática caudalmente al cóndilo lateral del fémur para agarrar la parte distal del injerto. (e) Unión del injerto al cóndilo lateral mediante cerclajes metálicos. (Arnoczky *et al.* 1979)

5.5.1.3 Técnica under and over

Shires et al. describieron esta técnica intracapsular en 1984. La cirugía comienza con un abordaje pararrotozuliano lateral. Se fabrica un injerto de 1 a 2 cm de anchura que se extrae desde el borde craneal del músculo bíceps femoral hasta la articulación de la rodilla incluyendo el tercio lateral de la rótula. Se realiza una incisión en la cápsula lateral de la articulación de forma paralela al ligamento rotuliano y se procede a luxar la rótula medialmente para dejar a la vista el interior de la articulación (Shires *et al.* 1984).

A continuación, se utiliza un fórceps curvo que se pasa en dirección caudocraneal por debajo del ligamento intermeniscal, se agarrar el extremo libre del injerto y se estira de éste suavemente para introducirlo en la articulación por debajo de este ligamento y se extrae por detrás del cóndilo lateral del fémur, a continuación, se estira del injerto hasta que esté lo suficientemente tenso como para que desaparezca el movimiento de cajón anterior, luego se fija mediante un tornillo y una arandela a la cara lateral del cóndilo medial del fémur. Finalmente, el extremo libre del injerto se sutura sobre la porción del propio injerto ya fijada (Shires *et al.* 1984).

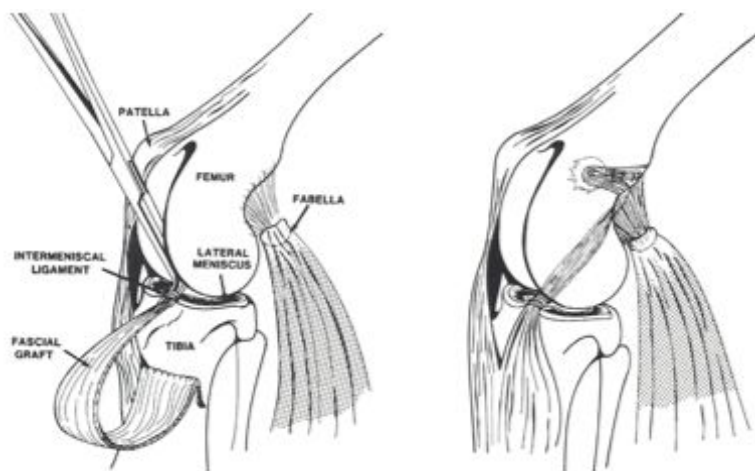


Figura 9. Técnica under and over. (izquierda) Paso del injerto por debajo del ligamento intermeniscal, (derecha) Injerto anclado mediante tornillo y arandela a la cara lateral del cóndilo lateral del fémur. (Shires *et al.* 1984)

5.5.2 Técnicas extracapsulares

El grupo de las técnicas extracapsulares está compuesto por varias técnicas quirúrgicas diseñadas con el propósito de estabilizar la articulación con deficiencia del LCCr. A diferencia de las técnicas intracapsulares, estas técnicas usan suturas de diferentes materiales tanto biológicos como sintéticos, pero no introducen ninguna de ellas en el espacio intraarticular. La estabilización se consigue gracias a que las suturas orientadas en dirección craneocaudal rodean las zonas lateral y/o medial de la articulación abarcando los huesos, músculos y tendones aledaños a ésta (Arnoczky. 1988, Muir. 2018, Tonks *et al.* 2011).

Estas técnicas se inventaron durante la década de los 60 y fueron descritas por primera vez en 1966 por Childers con la técnica imbricación del retináculo lateral. Tanto esta primera técnica como las que le siguieron y sus correspondientes modificaciones tienen como objetivo contrarrestar la inestabilidad tibial tanto en el movimiento de cajón anterior como en la rotación interna que presentan las rodillas con daño en el LCCr. Las posibles ventajas que presentan estas técnicas en la estabilización articular son la seguridad del procedimiento, la potencial reducción de la rotación interna, la baja dificultad técnica que precisan, la sencillez del material utilizado y el bajo coste que suponen. Aunque también han sido reportadas varias desventajas como la biomecánica anormal que adquiere la articulación, debido a la excesiva restricción de movimiento que generan, mayor grado de infección respecto a otras y menor estabilidad a largo plazo (Muir. 2018).

La primera técnica descrita por Childers, consistía en la imbricación del retináculo lateral de la rodilla con suturas de catgut realizando un patrón de Lembert en la fascia lateral de la rodilla. Esta técnica fue sufriendo diferentes modificaciones como las que realizó Pearson añadiendo suturas de imbricación en el lado medial y utilizando nuevos materiales no absorbibles esterilizados por calor. Pero el mayor avance en este grupo de cirugías se dio en 1970 con la publicación por parte de DeAngelis y Lau de una nueva técnica de imbricación del retináculo lateral, la cual también sufrió modificaciones a lo largo de los años (Muir. 2018, Tonks *et al.* 2011).

Desde entonces, se desarrollaron nuevas técnicas entre las que destacan la estabilización de Gambardella en 1981, estabilización de Flo descrita en 1975, Sutura lateral con alambre de acero de Olmstead en 1981, transposición de la cabeza del peroné descrita por Dupuis *et al.* en 1994 (Martínez *et al.* 1998). En los últimos diez años se han descrito nuevas técnicas como la técnica Tightrope (Cook *et al.* 2010).

5.5.2.1 Técnica de imbricación del retináculo lateral

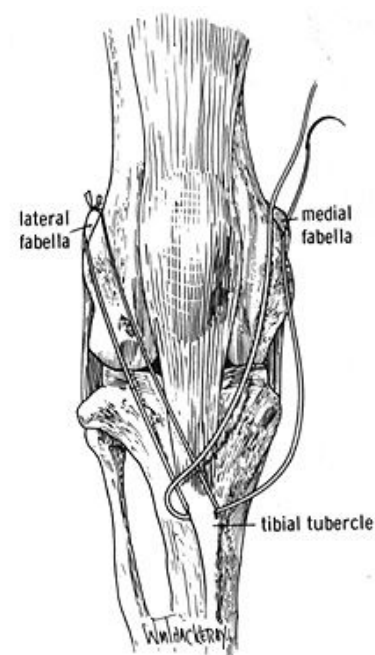
DeAngelis y Lau presentaron en 1970 una técnica quirúrgica extracapsular para la resolución de la ruptura del LCCr a la que denominaron “ Técnica simplificada para la imbricación del retináculo lateral para la corrección de la rotura del LCCr ”.

El procedimiento comienza con una artrotomía para la visualización y lavado de la articulación, que se cierra posteriormente con una capsulorrafia. Una vez realizado este paso se comienza colocando una sutura sintética monofilamento o bien una alambre de cerclaje, en el tejido del retináculo lateral (DeAngelis & Lau. 1970). En perros de razas pequeñas se emplea nylon de 0 a 1 y en grandes de 2 a 4. En animales de gran tamaño se puede utilizar alambre de cerclaje de acero inoxidable. El alambre termina rompiéndose por fatiga al cabo de 4-5 semanas, pero da tiempo suficiente a que el organismo, mediante la formación de tejido fibroso periarticular, estabilice la articulación (Rodríguez *et al.* 2008). Se utiliza una aguja recta y de punta cortante para incidir el tejido caudal y proximal al sesamoideo lateral, se dirige la aguja en dirección craneodistal hasta que se consigue atravesar el ligamento rotuliano en la zona proximal a su inserción en la tuberosidad tibial. Después, la aguja se vuelve a insertar a unos milímetros del sitio por el que se ha sacado y se dirige en dirección caudoproximal hasta que salga por un lugar próximo al primer punto de entrada inicial, cercano al sesamoideo lateral. De esta manera se elimina la mayor parte del movimiento de cajón anterior, para eliminar el resto se coloca otra sutura cerca y de forma paralela a la anterior de la misma forma que se colocó la primera (DeAngelis & Lau. 1970).

5.5.2.2 Técnica de Flo

Flo en 1975 realizó una modificación de la técnica descrita por DeAngelis y Lau en 1970. Esta modificación consiste en la colocación de una sutura lateral con material monofilamento no absorbible. Esta sutura se posiciona rodeando al sesamoideo lateral y se fija a un túnel que se realiza en la cresta tibial. Se realiza una segunda sutura igual a la primera pero en el lado medial (figura 10) (Flo. 1975).

Figura 10. Suturas de imbricación colocadas lateral y medialmente alrededor de los sesamoideos y sujetas en el otro extremo a la tuberosidad tibial a través de la tunelización previamente realizada. Nótese que se tensa y anuda primero la sutura lateral. (Arnoczky. 1980)



5.5.2.3 Transposición de la cabeza del peroné

La transposición de la cabeza del peroné es una técnica extraarticular desarrollada para tratar la ruptura del LCCr en el perro. Este procedimiento fue desarrollado en 1985 por Smith y Torg como una modificación de una técnica similar usada en humanos, en la que una porción de la cabeza del peroné y el ligamento colateral es traspuesto cranealmente y fijado a la tibia proximal. (Smith & Torg. 1985). El realineamiento y la tensión que se ejerce sobre el ligamento colateral medial previene la rotación interna y el desplazamiento craneal de la tibia. La transposición de la cabeza del peroné funciona mecánicamente de una manera similar a la técnica de imbricación del retináculo lateral (Matthiesen. 1993).

La cirugía comienza con una artrotomía normal de la rodilla en la que se retiran los remanentes de LCCr, se realiza una inspección e intervención meniscal en el caso de que el menisco se encuentre dañado y un lavado articular con su posterior cierre mediante una capsulorrafia convencional (Matthiesen. 1993).

Una vez realizado este procedimiento inicial, se comienza la cirugía separando el retináculo lateral de la cápsula articular y retrayendo éste caudalmente con el fin de permitir una mejor visualización de la tibia proximal y la musculatura peronea. Se realiza a continuación una incisión de 1 a 1,5 cm en la fascia que cubre al músculo largo del peroné y al músculo tibial craneal. Se extiende la incisión proximal y distalmente para facilitar la completa separación de estos músculos del surco muscular de la tibia con la ayuda de un elevador perióstico. Se procede a continuación a realizar una incisión a lo largo de la inserción del músculo largo del peroné en el aspecto craneal de este hueso (Smith & Torg. 1985).

Cuando se ha separado la musculatura que unen el peroné y la tibia, se realiza un corte con un bisturí o bien con un periostotomo afilado en la sindesmosis de estos dos huesos, con el fin de conseguir su completa separación mediante el corte de los ligamentos tibioperoneos proximales y distales. Una vez realizado este paso se procede a la separación del ligamento colateral lateral de la cápsula articular con un elevador perióstico (Smith & Torg. 1985).

En este momento la cabeza del fémur se encuentra totalmente libre del tejido blando que restringía su movimiento, por lo que ya es posible trasladarla cranealmente para fijarla, colocando por detrás de ésta una aguja de steinmann que se insertará en la cara lateral de la tibia. Se deja una porción de aguja que sobresale por encima de la cabeza del peroné, a la cual se le fija un cerclaje en 8 que se sujeta en su otro extremo a dos tunelizaciones previamente realizados en la cresta tibial. (Smith & Torg. 1985).

5.5.3 Osteotomías y ostectomías tibiales

En 1984, con la publicación por parte de Barclay Slocum de su técnica ostectomía en cuña (CTWO), se cambió la forma de afrontar la problemática que supone la rotura del ligamento cruzado craneal, ya que esta técnica elimina la causa del desplazamiento tibial craneal mediante la corrección del ángulo de la meseta tibial (Slocum & Devine. 1984). Tras esta primera técnica, el propio Slocum desarrolló una segunda técnica en 1993 que se rige por los mismos principios físicos que la técnica anterior, aunque la osteotomía que se realiza para la nivelación de la meseta, es circular. Esta técnica es la osteotomía niveladora de la meseta tibial, conocida por sus siglas en inglés como (TPLO) (Slocum & Slocum. 1993).

Posteriormente se han descrito numerosas técnicas, realizando y combinando nuevos tipos de osteotomías. Algunos ejemplos son la combinación de las técnicas CTWO y TPLO (Talaat *et al.* 2006), la osteotomía intraarticular proximal tibial (PTIO) (Damur *et al.* 2003), la triple osteotomía tibial (Bruce *et al.* 2007), la osteotomía en cuña de chevron (Hildreth *et al.* 2006) y la osteotomía niveladora de la CORA (D. Hulse *et al.* 2010).

Una de las tres técnicas más utilizadas actualmente junto con las dos técnicas descritas por Slocum, es la técnica de avance de la tuberosidad tibial (TTA). Esta técnica fue descrita en 2002 por Montavon y Tepic, como una ponencia en el primer congreso mundial de traumatología en Múnich. A diferencia de las otras osteotomías mencionadas, ésta no busca la nivelación de la meseta tibial para solucionar el problema, sino que cambia la dirección con la que actúan las fuerzas en la rodilla alterando el alineamiento que existe entre el tendón rotuliano y la meseta tibial (Montavon *et al.* 2002). A partir de esta primera técnica se han realizado varias variantes en las que se modifican el tipo de implante y la forma en la que se ancla la tuberosidad tibial, algunos son ejemplos son la TTA Rapid (Samoy *et al.* 2015), Modified maquet technique (Etchepareborde *et al.* 2010) o la porous TTA desarrollada por el instituto tecnológico de Canarias en colaboración con Alejandro Artiles (Artiles & ITC. 2014).

Este grupo de técnicas y en concreto técnicas como la TPLO o la TTA presentan muy buenos resultados en estabilidad articular tanto a corto como a largo plazo en animales de todos los tamaños (Muir. 2018). En cuanto a complicaciones secundarias, como desarrollo de osteoartritis a medio y largo plazo, presentan mejores resultados que otras técnicas convencionales (Conzemius *et al.* 2005, Krotscheck *et al.* 2016). Aunque también presentan desventajas respecto a las cirugías convencionales, sobre todo en tiempo de realización de la cirugía, necesidad de material especializado, costo económico, rechazo e infección de implantes y fracturas tibiales postquirúrgicas (Muir. 2018).

5.5.3.1 Cranial tibial wedge osteotomy (CTWO)

La técnica Cranial tibial wedge osteotomy o osteotomía en cuña, fue la primera técnica de osteotomía realizada para la reparación del LCCr, fue descrita por Slocum en 1984, aunque fue pensada en un primer momento para ser usada junto a otras técnicas de reparación del LCCr (Slocum & Devine. 1984).

En esa publicación, Slocum describe por primera vez el concepto de empuje tibial craneal, basándose en el test de compresión tibial de Henderson descrito en 1978 (Henderson & Milton. 1978). El empuje tibial craneal es la fuerza responsable del adelantamiento de la tibia en los animales con lesión del LCCr cuando ésta sostiene peso (Slocum & Devine. 1984). Uno de los factores que intervienen en el adelantamiento tibial, es el ángulo de la meseta tibial respecto del ángulo recto que se forma a partir del eje largo de la tibia, medido desde la eminencia intercondílea de la tibia, hasta el centro de la articulación tarsocrural (figura 12) (Windolf *et al.* 2008).

La técnica consiste en la corrección quirúrgica del ángulo mediante la realización de una osteotomía de una cuña de hueso en forma de triángulo rectángulo, cuya base se sitúa en el punto más distal de la cresta tibial (figura 13). El corte se realiza mediante la colocación de un jig óseo que se fija a la cara medial de la tibia, éste marcará los lugares exactos en los que se deben de realizar los cortes para obtener el triángulo deseado (Slocum & Devine. 1984).

Una vez la cuña ósea está cortada totalmente, se retira y se procede a posicionar paralelamente los fragmentos tibiales, alineando éstos por sus bordes caudales. Finalmente se fijan ambos fragmentos mediante una placa y tornillos (figura 13). Se procedería así a la finalización de la cirugía mediante un cierre convencional por capas (Slocum & Devine. 1984).



Figura 12. Radiografía mediolateral de la zona proximal y distal de la tibia. Determinación geométrica del ángulo de la meseta tibial. (A) Punto medio entre los tubérculos intercondíleos medias y lateral. (B) Centro de la articulación tarsocrural. Márgenes (C) Craneal y (D) caudal de la superficie articular tibial. (Windolf *et al.* 2008)

Para la medición del ángulo que se debe de cortar en la cuña, hay que tener en cuenta que no se debe dejar la meseta tibial con un ángulo menor a 5° , ya que estos grados son suficientes para contrarrestar el empuje tibial craneal y con una meseta totalmente plana se aumenta la probabilidad de que se produzca la ruptura del ligamento cruzado caudal (Apelt *et al.* 2010). En un estudio realizado por Bayley *et al.* en 2007, se afirma que el ángulo óptimo de la meseta tibial debe de ser $6,5^\circ$, y que al realizar la ostectomía se pierden unos grados con respecto a los medidos inicialmente en la meseta tibial, por lo que a hay que sumar esos 5° a la medición que se haya realizado (Bailey *et al.* 2007). Según ambos estudios se puede concluir que el

ángulo de la cuña debe de ser igual al de la meseta tibial menos $1,5^\circ$, de esta forma se podrá conseguir el ángulo óptimo para contrarrestar el empuje tibial craneal.

En esta ostectomía se debe tener en cuenta que al retirar la cuña de fragmento óseo, se produce un acortamiento de la tibia y una mayor desviación craneal del fragmento proximal con respecto al eje largo de la tibial. Además, se produce un salto entre los dos fragmentos cuando se realiza la reducción de la fractura, ya que el fragmento proximal es más grande que el fragmento distal (San Román Llorens & Jurado Sánchez. 2017).

Oxley propone una modificación en el año 2013, a la que denomina; modified cranial closing wedge osteotomy (mCCWO). En esta técnica se realiza una ostectomía tibial al igual que lo hace Slocum. Pero el triángulo que propone, es un triángulo isósceles, en vez de uno rectángulo (San Román Llorens & Jurado Sánchez. 2017). Realizando la cirugía con una cuña en forma de triángulo isósceles se consiguen los mismos ángulos que en la cirugía original pero el acortamiento tibial es menor, al igual que la desviación del fragmento tibial proximal con respecto al eje largo de la tibia, que también es menor (Oxley *et al.* 2013).

La ostectomía debe realizarse lo más proximal posible, para que se puedan fijar ambos fragmentos con placas mejor adaptadas a la tibia. Siempre hay que tener en cuenta que se debe de respetar la inserción del ligamento colateral y el ligamento rotuliano, por lo que el corte más proximal debe de separarse al menos unos milímetros de la inserción del ligamento rotuliano en la tuberosidad tibial (Oxley *et al.* 2013).

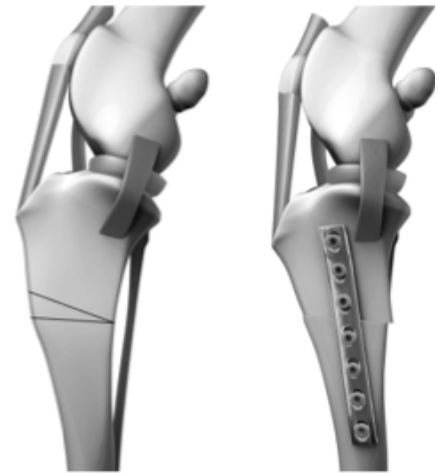


Figura 13. (Izquierda) Posición de la ostectomía. (Derecha) Resultado de la cirugía (Kim *et al.* 2008).

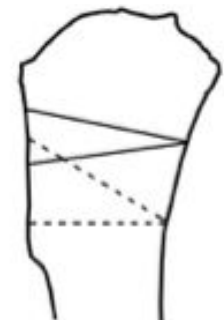


Figura 14. Geometría del ángulo de la técnica mCCWO (línea continua) y de la técnica original CTWO (línea discontinua) (Oxley. 2013).

5.5.3.2 Tibial plateau leveling osteotomy (TPLO)

Barclay Slocum, tras proponer un nuevo enfoque para la reparación de la patología del LCCR con la técnica CTWO, en 1993 publica esta nueva técnica, la TPLO. La técnica se basa en los mismos principios biomecánicos que la técnica anterior, lo que se pretende es corregir el ángulo de la meseta tibial para anular las fuerzas que producen el empuje tibial craneal y conseguir así una estabilidad articular aceptable. Lo que diferencia esta técnica de la anterior, es que en la TPLO se realiza una osteotomía semicircular de parte de la tibial proximal. Rotando caudalmente el fragmento que queda libre, se consigue nivelar la meseta tibial corrigiendo el ángulo, en vez de realizando una ostectomía de una cuña de hueso como hacía en su técnica anterior (Slocum & Slocum. 1993).

Hoy en día es una de las técnicas más utilizadas por los veterinarios especialistas en traumatología, a pesar de la especificidad del material requerido y de la dificultad técnica que conlleva su correcta realización. El procedimiento fue patentado el 7 de Julio de 1987, se dio a conocer en 1993 y comenzó a ser difundido entre veterinarios de todo el mundo a partir de mayo de 2005, fecha en la cual expiró la vigencia de la patente (Berrio Betancur & Ochoa Vélez. 2009, Slocum. 1987).

Para la correcta realización de la cirugía, primero se deben de tomar radiografías de ambos miembros en varias proyecciones para poder realizar las mediciones quirúrgicas, tales como el ángulo de la meseta tibial, el tamaño de la sierra birradial requerida y el ángulo de rotación de la meseta tibial (Berrio Betancur & Ochoa Vélez. 2009).

Es indispensable tener por lo menos dos proyecciones de la articulación de la rodilla, una mediolateral y otra anteroposterior o posteroanterior, tanto del miembro afectado como del miembro contralateral. Para la correcta realización de las radiografías se recomienda sedar al paciente y colocar la extremidad a radiografiar directamente sobre la placa. El rayo central debe incidir perpendicularmente en el miembro a nivel de la meseta tibial (Fossum. 2008). En la proyección mediolateral, la articulación de la rodilla debe estar flexionada 90°, la radiografía debe abarcar el tercio distal del fémur con los cóndilos femorales perfectamente alineados. La tibia debe registrarse completa, y la articulación del tarso debe aparecer con los bordes trocleares del astrágalo superpuestos. La radiografía anteroposterior o posteroanterior se utiliza para evaluar las posibles deformidades que pueda presentar la tibia. Ésta debe aparecer completamente vertical y es indispensable que incluya el tercio distal del fémur y la articulación tibiotarsal. La rótula debe estar en posición central con respecto al fémur (Boudrieau. 2009, Fossum. 2008).

La cirugía se inicia con una incisión pararrotiliana craneomedial, seguida de una artrotomía medial con el fin de valorar el estado de los meniscos e intervenirlos en caso necesario, retirar los remanentes de LCCr que se encuentran en el interior de la articulación y realizar un lavado articular. Posteriormente se cierra la artrotomía y se procede a realizar la TPLO (Berrio Betancur & Ochoa Vélez. 2009).

A continuación se procede a la disección con un periostotomo de la pata de ganso “Pes anserinus”, que es la inserción de los músculos, gracilis, semitendinoso y sartorio, exponiendo así el ligamento colateral medial. Se coloca un jig para tplo anclado en el aspecto medial de la tibia, tanto en la zona proximal como al final del tercio distal (figura 15). El jig permite mantener la alineación del hueso una vez realizada la osteotomía, con el fin de poder desplazar el fragmento la distancia requerida antes de su fijación (Fossum. 2008, Kim *et al.* 2008).

Para la realización de la osteotomía se utiliza una sierra birradial acorde con el tamaño del animal, se realiza una osteotomía de la parte proximal de la tibia, dejando sobre 1,5 cm - 2 cm entre la zona más craneal de la osteotomía y el borde de la cresta tibial (figura 16), y debe realizarse centrada sobre los tubérculos intercondileos para asegurar la rotación precisada y mantener suficiente cantidad de hueso en el fragmento proximal para su correcta fijación (Kim *et al.* 2008, Piermattei *et al.* 2006).

Una vez libre el fragmento tibial, se rota con la ayuda del jig previamente fijado hasta alcanzar un ángulo de meseta tibial aproximadamente de 5° (figura 17). A continuación se procede a la fijación del fragmento con una placa diseñada específicamente para esta técnica (figura 18). Finalmente, se procede a la finalización de la cirugía mediante un cierre convencional por capas (Piermattei *et al.* 2006).



Figura 15.
Fijación de Jig para TPLO
en la cara medial de la tibia
(Fossum. 2008).

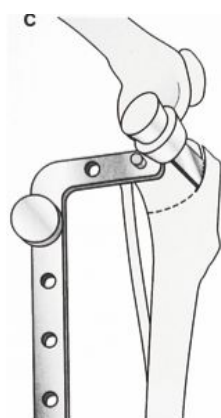


Figura 16.
Osteotomía con sierra
birradial en el tercio proximal
de la tibia (Fossum. 2008).

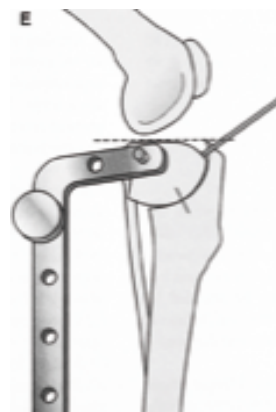


Figura 17.
Rotación del fragmento
utilizando jig de TPLO
(Fossum. 2008).

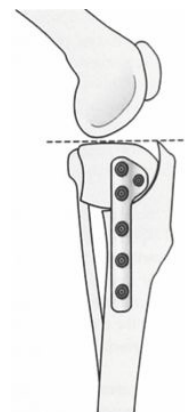


Figura 18.
Fijación de los fragmentos
con placa para TPLO
(Fossum. 2008).

5.5.3.3 Tibial tuberosity advancement (TTA)

Una de las últimas técnicas de osteotomía descritas y una de las más usadas actualmente por gran cantidad de veterinarios, es la técnica de adelantamiento de la tuberosidad tibial, o TTA por sus siglas en inglés. Fue presentada por Montavon y Tepic en 2002. Esta técnica de osteotomía utiliza nuevos conceptos biomecánicos distintos a los anteriormente descritos para anular las fuerzas que producen el adelantamiento tibial en rodillas patológicas.

En el estudio que realiza Montavon con un modelo biomecánico en 2002, se determinan las fuerzas que inciden en una articulación normal (figura 19), y se afirma que extendiendo la rodilla en su totalidad (flexión de 45°), y creando un ángulo recto entre la meseta tibial y el tendón rotuliano, se anulan las fuerzas que producen el adelantamiento tibial (figura 20). Para crear dicho ángulo recto, se procede a la realización de una osteotomía de la tuberosidad tibial y al adelantamiento de ésta, de tal forma que se consigue así el adelantamiento del tendón rotuliano que se inserta en la tuberosidad tibial y se puede llegar a crear un ángulo de 90° entre éste y la meseta tibial (figura 21) (Montavon. 2010).

Una vez que se han realizado las radiografías de rutina previamente explicadas y que se decide realizar una TTA, se deben de tomar radiografías de la rodilla afectada en una proyección mediolateral, extendiendo la rodilla en un ángulo aproximado de 135° , tomando de referencia los ejes largos del fémur y la tibia. Se centra la radiografía sobre los cóndilos femorales perfectamente superpuestos y sobre la meseta tibial, incluyendo el tercio distal del fémur y el tercio proximal de la tibia (Castañón García. 2015). Cuando ya se han tomado las radiografías necesarias, se pasa a tomar las medidas para determinar el tamaño del implante necesario para la correcta realización de la técnica, para ello se utiliza una plantilla transparente para TTA (figura 22), que posicionada encima de la radiografía permite elegir el tamaño de caja y de placa más adecuados para el animal (Castañón García. 2015, Guerrero *et al.* 2010).



Figura 19.
Distribución de fuerzas en la rodilla canina normal (Montavon. 2010).

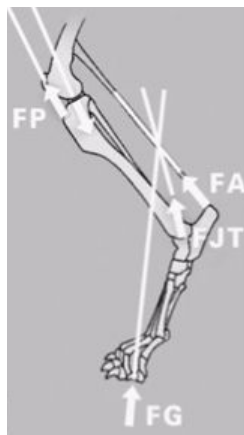


Figura 20.
Modelo biomecánica de distribución de fuerzas en el miembro posterior canino (Montavon. 2010).

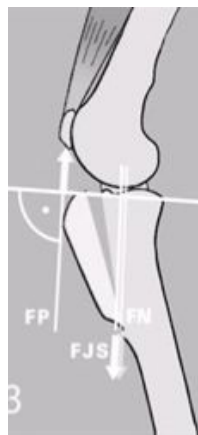


Figura 21.
Distribución de fuerzas tras alineamiento del tendón rotulado y meseta tibial (Montavon. 2010).

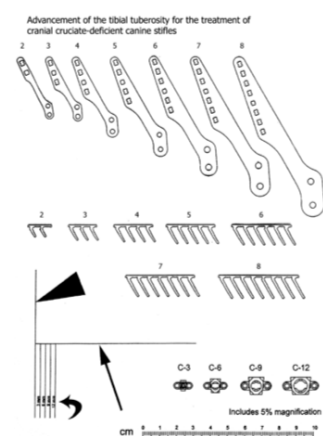


Figura 22.
Plantilla para TTA (Guerrero *et al.* 2010).

Una vez que se han realizado todas las mediciones y se dispone de los implantes correctos, se puede comenzar con la cirugía. La cirugía se comienza con la visualización de la articulación y valoración del daño meniscal, bien mediante artroscopia o artrotomía.

En primer lugar, se realiza un acceso medial a la tibia proximal, desde la parte craneal del menisco medial hasta la vena safena distalmente. Se incide el pes anserinus y se eleva con la ayuda de un periostotomo, exponiendo el ligamento colateral medial y la inserción del ligamento rotuliano con su bolsa sinovial (Guerrero *et al.* 2010).

Una vez expuesta la tibia proximal por su parte medial, se coloca una guía diseñada para la realización de esta técnica, la cual marca el lugar donde realizar los agujeros en los que irá anclada la placa, mediante una serie de púas que incorpora un peine diseñado para la técnica. Los agujeros se sitúan inmediatamente caudales a la cortical de la cresta tibial (margo cranialis). Una vez realizados todos los agujeros de la guía, se recomienda anclar un perno en el agujero más distal y otro en el más craneal para no perder la referencia de los agujeros. El siguiente paso consiste en realizar una osteotomía de la tuberosidad tibial. Se debe posicionar la rodilla en flexión de 90º, la primera referencia que debemos tener en cuenta para la realización de la osteotomía es el punto inmediatamente craneal al menisco medial, y en la cara lateral, la sierra debe de salir anterior al lugar de inserción del músculo extensor digital largo, conocido en humana como tubérculo de Gerdy. La osteotomía se realiza bicortical hasta el orificio más proximal de la tuberosidad tibial. Proximalmente a éste, la osteotomía es monocortical. (Castañón García. 2015, Guerrero *et al.* 2010).

Tras realizar la primera fase de la osteotomía, se procede a la colocación de la placa que sujetará el fragmento de tuberosidad tibial. Primeramente, se debe adecuar la placa a la anatomía del paciente realizando los dobles necesarios en ésta para que encaje perfectamente en la tibial. A continuación, se procede a sujetar la placa a la tuberosidad tibial colocando el peine en los agujeros previamente realizados, con la ayuda de un impactador. Una vez fijada la placa con el peine, se procede a realizar la segunda fase de la osteotomía dejando el fragmento de tuberosidad tibial ya totalmente libre. Es ahora cuando se debe de colocar la caja separadora que realiza la función de cuña en el adelantamiento de la tuberosidad tibial, ésta se fija mediante dos tornillos, uno en cada fragmento tibial. Antes de anclar definitivamente la caja, se fijan los tornillos que sujetan la placa colocada anteriormente a la tibia. Una vez



Figura 23.
Ilustración postoperatoria de
la técnica TTA (Kim et al. 2008).

colocados, se procede a terminar de fijar definitivamente la caja y a realizar un cierre convencional por planos, dando así por concluida la cirugía (figura 23) (Guerrero *et al.* 2010, Montavon. 2010).

6. CONCLUSIONES

Tras realizar esta revisión bibliográfica sobre la rotura del ligamento cruzado craneal y con toda la bibliografía transversal leída sobre el tema, las conclusiones obtenidas acerca de la utilización de las diferentes técnicas quirúrgicas para la resolución del problema son:

- Los tratamientos conservadores no dan muy buenos resultados al no conseguir una buena estabilización articular, por lo que siempre que sea posible se opta por la cirugía.
- Las técnicas intracapsulares actualmente se encuentran casi en desuso por la mayoría de veterinarios debido a las reacciones intraarticulares que producen y a la degeneración del material. Pero pueden ser una opción de futuro con el desarrollo de nuevos materiales.
- Las técnicas extracapsulares son relativamente fáciles de realizar y reducen el tiempo anestésico, dando además muy buenos resultados a corto y medio plazo. Por lo que son una buena opción para perros pequeños (<10 kg) que no realizan gran actividad física. Además, son de elección en perros geriátricos y perros con riesgo anestésico.
- Dentro del grupo de osteotomías y ostectomías tibiales, la CTWO, la TTA y la TPLO son las técnicas más utilizadas. La TTA presentan menor complicación técnica. Aunque resuelve muy bien la problemática en muchos perros, presenta más complicaciones que las otras dos a largo plazo. Se recomienda que la TTA se realice en rodillas con ángulos <30°.
- La TPLO presenta menores complicaciones postquirúrgicas, pero presenta una gran dificultad técnica y una larga curva de aprendizaje para el cirujano. Se puede realizar en rodillas con ángulos de meseta tibial de hasta 45°.
- La CTWO es una técnica que permite reducir grandes ángulos de meseta tibial, posee una baja tasa de complicaciones y su realización es más sencilla que la TPLO.

CONCLUSIONS

After carrying out this bibliographic review about the cranial cruciate ligament rupture and with all the transversal literature read, the conclusions obtained about the use of the different surgical techniques for the resolution of the pathology are:

- Conservative treatments do not give very good results because they don't achieve a good articular stabilization, so if it is possible surgery is chosen.
- The intracapsular techniques are currently almost in disuse by most veterinarians due to the intraarticular reactions they produce and the degeneration of the material. But they could be a future option with the development of new materials.

- The extracapsular techniques are relatively easy to perform and reduce the anesthetic time, also these techniques obtain very good results in the short and medium term. So they are a good option for small dogs (<10 kg) that do not perform physical activity. In addition, they are always chosen in geriatric dogs and dogs with anesthetic risk.
- Within the group of tibial osteotomies and ostectomies, CTWO, TTA and TPLO are the most common used techniques. The TTA presents less technical complication, although it solves the problem very well in many dogs, it presents more complications than the other two in the long term. Its performing is recommended on knees with angles <30°.
- TPLO presents minor postoperative complications, but presents a great technical difficulty and a long learning curve for the surgeon. It can be performed on knees with tibial plateau angles up to 45°.
- The CTWO is a technique that allows to reduce large tibial plateau angles, It has a low complication rate and it is more simple to make than the TPLO.

7. VALORACIÓN PERSONAL

La realización de este trabajo de fin de grado (tfg), ha sido muy enriquecedora a nivel personal durante toda su realización. He tenido la oportunidad de ahondar en el mundo que supone la ruptura del ligamento cruzado craneal en pequeños animales. Ya que era esta una patología que me ha fascinado desde que la conocí, por la simpleza que supone la ruptura de un ligamento y a la vez la complejidad de su reparación.

En este momento, tras haber realizado este trabajo, me siento preparado para abordar cualquier duda que pueda presentar un propietario que acuda a consulta con un perro que presente esta patología, y para poder exponerle cuales son las diferentes opciones terapéuticas y cual es la más adecuada en su caso.

A parte de haber aprendido sobre el tema expuesto, este trabajo de fin de grado me ha permitido aprender a gestionar gran cantidad de información, a utilizar buscadores científicos especializados y a redactar acerca de un tema con cierto rigor científico. Ayudándome también a mejorar mi comprensión lectora en otros idiomas, visto que la mayoría de los artículos acerca del tema se encuentran escritos en inglés.

Quisiera aprovechar para darle las gracias a mi tutor, Fidel San Román, por haber compartido conmigo sus conocimientos sobre este tema y haberme animado a aprender más sobre esta patología y sobre el mundo de la ortopedia veterinaria en general.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Adams DR.** (2003) Canine Anatomy :A Systematic Study. Ames: Iowa State University Press.
- Apelt D, Pozzi A, Marcellin-Little DJ & Kowaleski MP.** (2010) Effect of cranial tibial closing wedge angle on tibial subluxation: an ex vivo study. *Vet Surg* 39(4): 454-459.
- Arnoczky SP.** (1980) Surgery of the stifle-the cruciate ligaments (part I). *Compend Contin Educ Pract Vet* 2:106.
- Arnoczky SP.** (1983) Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res* (172): 19-25.
- Arnoczky SP & Marshall JL.** (1977) The cruciate ligaments of the canine stifle: an anatomical and functional analysis. *Am J Vet Res* 38(11): 1807-1814.
- Arnoczky SP, Rubin RM & Marshall JL.** (1979) Microvasculature of the cruciate ligaments and its response to injury. An experimental study in dogs. *J Bone Joint Surg Am* 61(8): 1221-1229.
- Arnoczky SP, Tarvin GB, Marshall JL & Saltzman B.** (1979) The over-the-top procedure: A technique for anterior cruciate ligament substitution in the dog. *J Am Anim Hosp Assoc* 15(3): 283-290.
- Arnoczky SP.** (1988) The cruciate ligaments: the enigma of the canine stifle. *The Journal of small animal practice, The Journal of small animal practice* 29(2): 71-90.
- Badoux DM.** (1984) The geometry of the cruciate ligaments in the canine and equine knee joint, a Tchebychev mechanism. *Acta Anat (Basel)* 119(1): 60-64.
- Bailey CJ, Smith BA & Black AP.** (2007) Geometric implications of the tibial wedge osteotomy for the treatment of cranial cruciate ligament disease in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* 20(03): 169-174.
- Bellumori TP, Famula TR, Bannasch DL, Belanger JM & Oberbauer AM.** (2013) Prevalence of inherited disorders among mixed-breed and purebred dogs: 27,254 cases (1995-2010). *J Am Vet Med Assoc* 242(11): 1549-1555.
- Bennett D, Tennant B, Lewis DG, Baughan J, May C & Carter S.** (1988) A reappraisal of anterior cruciate ligament disease in the dog. *J Small Anim Pract* 29(5): 275-297.
- Berrio Betancur AM & Ochoa Vélez JJ.** (2009) Tibial Plateau leveling osteotomy. Surgical treatment for cranial cruciate ligament rupture in dogs. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 4(161 - 173).
- Bogaerts E, Vekens EVd, Verhoeven G, Rooster Hd, Ryssen BV, Samoy Y.** (2018) Intraobserver and interobserver agreement on the radiographical diagnosis of canine cranial cruciate ligament rupture. *Paper* : 104523.
- Bruce WJ, Rose A, Tuke J & Robins GM.** (2007) Evaluation of the Triple Tibial Osteotomy (TTO). A new technique for the management of the canine cruciate-deficient stifle.
- Carlin I.** (1926) Ruptur des Ligamentum cruciatum anterius im Kniegelenk beim Hund. *Arch Wissensch Prakt Tierh* 54: 420-423.
- Carpenter JD & Cooper RC.** (2000) Mini review of canine stifle joint anatomy. *Anat Histol Embryol* 29(6): 321-329.
- Carrillo JM, Sopena JJ, Rubio M & Redondo JI.** (2003) Técnica de horquilla modificando su anclaje distal. *Consulta de difusión veterinaria* 11(103): 69-74.

- Castañón Garcia F.** (2015) Estudio Comparativo De Las Técnicas Quirúrgicas, TTA Clásica Securos®, TTA Porous® Y TTA Porous® Con PRP, Para El Tratamiento De La Rotura Del Ligamento Cruzado Anterior En El Perro. Universidad de León.
- Comerford EJ, Tarlton JF, Innes JF, Johnson KA, Amis AA & Bailey AJ.** (2005) Metabolism and composition of the canine anterior cruciate ligament relate to differences in knee joint mechanics and predisposition to ligament rupture. *Journal of Orthopaedic Research* 23(1): 61-66.
- Conzemius MG, Evans RB, Besancon MF, Gordon WJ, Horstman CL, Hoefle WD, Nieves MA & Wagner SD.** (2005) Effect of surgical technique on limb function after surgery for rupture of the cranial cruciate ligament in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 226(2): 232-236.
- Cook JL, Luther JK, Beetem J, Karnes J & Cook CR.** (2010) Clinical comparison of a novel extracapsular stabilization procedure and tibial plateau leveling osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament deficiency in dogs. *Vet Surg* 39(3): 315-323.
- Damur DM, Tepic S & Montavon PM.** (2003) Proximal tibial osteotomy for the repair of cranial cruciate-deficient stifle joints in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* 16(04): 211-216.
- Davarinos N, O'Neill BJ & Curtin W.** (2014) A Brief History of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. 2018(Apr 2,).
- de Rooster H.** (2001) Cranial cruciate ligament disease in the dog: contributions to etiology, diagnosis and treatment.
- de Rooster H, de Bruin T & van Bree H.** (2006) Morphologic and functional features of the canine cruciate ligaments. *Vet Surg* 35(8): 769-780.
- de Rooster H, Van Ryssen B & van Bree H.** (1998) Diagnosis of Cranial Cruciate Ligament Injury in Dogs by Tibial Compression Radiography.
- DeAngelis M & Lau RE.** (1970) A lateral retinacular imbrication technique for the surgical correction of anterior cruciate ligament rupture in the dog. *J Am Vet Med Assoc* 157(1): 79-84.
- Dueland TR.** (1966) A recent technique for reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Am Anim Hosp Assoc* .
- Flo GL.** (1975) Modification of the lateral retinacular imbrication technique for stabilizing cruciate ligament injuries [Dogs]. *Journal American Animal Hospital Association* .
- Fossum TW.** (2008) Cirugía En Pequeños Animales. : Elsevier Health Sciences.
- Griffon DJ.** (2010) A review of the pathogenesis of canine cranial cruciate ligament disease as a basis for future preventive strategies. *Vet Surg* 39(4): 399-409.
- Guerrero T, Montavon & Quirós R.** (2010) Avance De La Tuberosidad Tibial (TTA) Para El Tratamiento De La Insuficiencia Del Ligamento Cruzado Anterior.
- Gupta BN, Brinker WO & Subramanian KN.** (1969) Breaking strength of cruciate ligaments in the dog. 2018(Apr 17,).
- Hayashi K, Manley PA & Muir P.** (2004) Cranial Cruciate Ligament Pathophysiology in Dogs With Cruciate Disease: A Review. *Journal of the American Animal Hospital Association* 40(5): 385-390.

- Heffron LE & Campbell JR.** (1978) Morphology, histology and functional anatomy of the canine cranial cruciate ligament. *Vet Rec* 102(13): 280-283.
- Henderson RA & Milton JL.** (1978) The tibial compression mechanism: a diagnostic aid in stifle injuries. *Journal of the American Animal Hospital Association* 14 : 474-479.
- Hildreth BE, Marcellin-Little DJ, Roe SC & Harrysson OLA.** (2006) In vitro evaluation of five canine tibial plateau leveling methods. *Am J Vet Res* 67(4): 693-700.
- Hulse D, Beale B & Kowalesky M.** (2010) CORA based leveling osteotomy for the treatment of the CCL deficient stifle. *Proceedings of the American college of veterinary surgeons symposium, Seattle, WA Abstract: 516-518.*
- Hulse DA, Fred M, Charles J & Abdelbakuy YZ.** (1980) A Technique for Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament in the Dog: Preliminary Report. *Veterinary Surgery* 9(4): 135-140.
- Innes JF, Bacon D, Lynch C & Pollard A.** (2000) Long-term outcome of surgery for dogs with cranial cruciate ligament deficiency. *Vet Rec* 147(12): 325-328.
- Isaka M, Befu M, Matsubara N, Ishikawa M, Arase Y, Doi A & Namba S.** (2014) Two-Hole Extracapsular Technique for the Repair of Canine Cranial Cruciate Ligament Rupture in Thirty-Eight Dogs. *Veterinary Science Development* 4.
- Johnson JM & Johnson AL.** (1993) Cranial Cruciate Ligament Rupture: Pathogenesis, Diagnosis, and Postoperative Rehabilitation. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 23(4): 717-733.
- Johnson JA, Austin C & Breur GJ.** (1994) Incidence of Canine Appendicular Musculoskeletal Disorders in 16 Veterinary Teaching Hospitals from 1980 through 1989. *Vet Comp Orthop Traumatol* 7(2): 5-18.
- Kim SE, Pozzi A, Kowaleski MP & Lewis DD.** (2008) Tibial osteotomies for cranial cruciate ligament insufficiency in dogs. *Vet Surg* 37(2): 111-125.
- Kobayashi S, Baba H, Uchida K, Negoro K, Sato M, Miyazaki T, Nomura E, Murakami K, Shimizubata M & Meir A.** (2006) Microvascular system of anterior cruciate ligament in dogs. *J Orthop Res* 24(7): 1509-1520.
- Krotscheck U, Nelson SA, Todhunter RJ, Stone M & Zhang Z.** (2016) Long Term Functional Outcome of Tibial Tuberosity Advancement vs. Tibial Plateau Leveling Osteotomy and Extracapsular Repair in a Heterogeneous Population of Dogs. *Vet Surg* 45(2): 261-268.
- Liu Y, Ramanath HS & Wang D.** (2008) Tendon tissue engineering using scaffold enhancing strategies. *Trends Biotechnol* 26(4): 201-209.
- Martínez JJ, Mínguez JJ & Rubio de Francia A.** (1998) Ligamentos cruzados. *Canis et felis* 35: 15-35.
- Matthiesen DT.** (1993) Fibular Head Transposition. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 23(4): 755-760.
- Miller ME, Evans HE & Christensen GC.** (1979) *Miller's Anatomy of the Dog*. Philadelphia etc.: W.B. Saunders.
- Montavon PM, Damur DM & Tepic S.** (2002) Advancement of the tibial tuberosity for the treatment of cranial cruciate deficient canine stifle; 1st World Orthopedic Veterinary Congress, Munich. 152.

- Montavon PM.** (2010) Tibial Tuberosity Advancement (TTA) for Cranial Cruciate Ligament Disease. Zurich, Switzerland: WSAVA, World Congress Proceedings.
- Moore KW & Read RA.** (1996) Rupture of the cranial cruciate ligament in dogs - Part I.
- Muir P.** (2018) Advances in the Canine Cranial Cruciate Ligament. Hoboken, NJ; United States: Wiley; American College of Veterinary Surgeons Foundation.
- Nečas A, Srnec R & Kecova H.** (2002) Diagnostic reliability of stifle arthroscopy of pathological changes in cruciate deficient knee. *Acta Veterinaria Brno* 71(2): 249-254.
- Newton CD & Nunamaker DM.** (1985) Textbook of Small Animal Orthopaedics.
- O'Connor BL & Woodbury P.** (1982) The primary articular nerves to the dog knee. *J Anat* 134(Pt 3): 563-572.
- Oxley B, Gemmill TJ, Renwick AR, Clements DN & McKee WM.** (2013) Comparison of complication rates and clinical outcome between tibial plateau leveling osteotomy and a modified cranial closing wedge osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament disease in dogs. *Vet Surg* 42(6): 739-750.
- Paatsama S.** (1953) Ligament injuries in the canine stifle joint. *J Small Anim Med* : 1-329.
- Paatsama S.** (1952) Ligament Injuries in the Canine Stifle Joint: A Clinical and Experimental Study. Universidad de Helsinki.
- Palmer RH.** (2005) Diagnosing cranial cruciate ligament pathology.
- Park JP, Grana WA & Chitwood JS.** (1985) A high-strength Dacron augmentation for cruciate ligament reconstruction. A two-year canine study. *Clin Orthop Relat Res* (196): 175-185.
- Pearson PT.** (1971) Ligamentous and meniscal injuries of the stifle joint. *Vet Clin North Am* 1(3): 489-501.
- Piermattei D, Flo G & DeCamp C.** (2006) Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair. Estados Unidos: Elsevier.
- Pond MJ & Campbell JR.** (1972) The canine stifle joint. I. Rupture of the anterior cruciate ligament. An assessment of conservative and surgical treatment. *J Small Anim Pract* 13(1): 1-10.
- Rodríguez J, Guerrero T, San Román F & Jiménez A.** (2008) Rotura del ligamento cruzado en el perro, signos clínicos, diagnóstico y tratamiento. *Canis et felis* 95: 6-26.
- San Román Llorens F & Jurado Sánchez V.** (2017) Actualización en TWO. Modificaciones recientes, resultados y comparativa. 146.
- Shires PK, Hulse DA & Liu W.** (1984) The under-and-over fascial replacement technique for anterior cruciate ligament rupture in dogs: a retrospective study. *J Am Anim Hosp Assoc* 20: 69-77.
- Singleton WB.** (1957) The diagnosis and surgical treatment of some abnormal stifle conditions in the dog. *Vet Rec.* 69: 1387-1395.
- Singleton WB.** (1969) Observations based upon the Surgical Repair of 106 Cases of Anterior Cruciate Ligament Rupture. *J Small Anim Pract* 10(5): 269-278.
- Slocum B.** (1987) Proximal, tibial osteotomy for leveling a tibial plateau. US Patent 4677973 (Patent).

- Slocum B & Devine T.** (1984) Cranial tibial wedge osteotomy: a technique for eliminating cranial tibial thrust in cranial cruciate ligament repair. *J Am Vet Med Assoc* 184(5): 564-569.
- Slocum B & Slocum TD.** (1993) Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 23(4): 777-795.
- Smith GK & Torg JS.** (1985) Fibular head transposition for repair of cruciate-deficient stifle in the dog. *J Am Vet Med Assoc* 187(4): 375-383.
- Stead AC, Amis AA & Campbell JR.** (1991) Use of polyester fibre as a prosthetic cranial cruciate ligament in small animals. *J Small Anim Pract* 32(9): 448-454.
- Talaat MB, Kowaleski MP & Boudrieau RJ.** (2006) Combination tibial plateau leveling osteotomy and cranial closing wedge osteotomy of the tibia for the treatment of cranial cruciate ligament-deficient stifles with excessive tibial plateau angle. *Vet Surg* 35(8): 729-739.
- Tirgari M.** (1978) The surgical significance of the blood supply of the canine stifle joint. *J Small Anim Pract* 19(8): 451-462.
- Tonks CA, Lewis DD & Pozzi A.** (2011) A review of extra-articular prosthetic stabilization of the cranial cruciate ligament-deficient stifle. *Vet Comp Orthop Traumatol* 24(3): 167-177.
- Vasseur PB.** (1984) Clinical results following nonoperative management for rupture of the cranial cruciate ligament in dogs. *Veterinary Surgery* 13(4): 243-246.
- Vasseur PB & Berry CR.** (1992) Progression of stifle osteoarthritis following reconstruction of the cranial cruciate ligament in 21 dogs. *J Am Anim Hosp Assoc* 28(2): 129-136.
- Vasseur PB, Pool RR, Arnoczky SP & Lau RE.** (1985) Correlative biomechanical and histologic study of the cranial cruciate ligament in dogs. *Am J Vet Res* 46(9): 1842-1854.
- Wilke VL, Robinson DA, Evans RB, Rothschild MF & Conzemius MG.** (2005) Estimate of the annual economic impact of treatment of cranial cruciate ligament injury in dogs in the United States. *J Am Vet Med Assoc* 227(10): 1604-1607.
- Windolf M, Leitner M, Schwieger K, Pearce SG, Zeiter S, Schneider E & Johnson KA.** (2008) Accuracy of fragment positioning after TPLO and effect on biomechanical stability. *Vet Surg* 37(4): 366-373.
- Wingfield C, Amis AA, Stead AC & Law HT.** (2000) Cranial cruciate stability in the rottweiler and racing greyhound: an in vitro study. *J Small Anim Pract* 41(5): 193-197.
- Witsberger TH, Villamil JA, Schultz LG, Hahn AW & Cook JL.** (2008) Prevalence of and risk factors for hip dysplasia and cranial cruciate ligament deficiency in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 232(12): 1818-1824.
- Wucherer KL, Conzemius MG, Evans R & Wilke VL.** (2013) Short-term and long-term outcomes for overweight dogs with cranial cruciate ligament rupture treated surgically or nonsurgically. *J Am Vet Med Assoc* 242(10): 1364-1372.
- Yahia LH, Newman NM & St-Georges M.** (1992) Innervation of the canine cruciate ligaments. A neurohistological study. *Anat Histol Embryol* 21(1): 1-8.